«Утверждаю»
Директор Межведомственного
суперкомпьютерного центра РАН – филиала
Федерального государственного учреждения
«Федеральный научный центр «Научно-исследовательский
институт системных исследований РАН»
академик РАН Савин Г.И.
«27» ноября 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Зыкова Ильи Игоревича на тему «Методы и алгоритмы обнаружения антропогенных частиц в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронных систем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности) (технические науки).

Актуальность темы диссертационного исследования

Решение проблемы обнаружения антропогенных частиц в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронных систем является важным для дальнейшего освоения околоземного космического пространства. Ведь в любой момент из-за скопившейся массы объектов на орбите их столкновения между собой могут привести к синдрому Кесслера. Наиболее перспективными являются орбитальные средства наблюдения, так как они, в отличие от наземных средств наблюдения, не зависят от искажений сигналов, вызванных неоднородностью среды передачи. Но в тоже время работа энергоустановок орбитальных средств, использующих оптико-электронные приборы, может привести к зашумлению изображений наблюдаемой области. И для устранения этой проблемы требуется разработка методов и алгоритмов обработки изображений, способных функционировать при отсутствии априорной информации.

Задача обнаружения антропогенных частиц сложна из-за различных фоновых возмущений, как естественных (излучение звезд и планет), так и искусственных (помехи, вызываемые работой космического аппарата). Выявление на изображениях антропогенных частиц в таких сложных фоновых условиях является актуальной задачей для дальнейшего развития космической группировки Российской Федерации.

Современные предлагаемые и используемые оптические методы обнаружения антропогенных частиц используют методы дифференцирования, которые должны работать по предопределенным параметрам, либо эталонные модели, которые ввиду неизвестных форм и размеров частиц также не эффективны.

В целях повышения точности и надежности обнаружения антропогенных частиц требуется разработка новых методов и алгоритмов. Сказанное подтверждает актуальность темы диссертации И. И. Зыкова «Методы и алгоритмы обнаружения антропогенных частиц в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронных систем».

Научная новизна результатов диссертационной работы

В диссертации получены следующие основные результаты, обладающие научной новизной:

- Описана новая методика обнаружения антропогенных частиц и объектов в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронной системы с вычислением координат обнаруженных объектов в околоземном космическом пространстве.
- Описана причина использования вейвлет-преобразований, ввиду того, что вейвлеты являются подходящим средством для анализа различных нестационарных сигналов. К таким сигналам можно отнести и сцены изображений антропогенных частиц и объектов. Обработка изображений на основе вейвлет-преобразования позволяет решить ряд задач, связанных с уменьшением уровня шума: выделение локальных пространственных неоднородностей, сжатие изображений, анализ текстур. Одним из главных преимуществ, которое предоставляет вейвлет, является возможность представлять локальный анализ, т. е. анализировать локализованную область в большом сигнале. Вейвлет-анализ способен выявить следующие особенности данных, которые упускают другие методы анализа сигналов: точки разрыва, резкие нелинейности в высших гармониках и самоподобие.
- Информативность не нарушается при изменении фоновых условий, подтверждаются свойства фрактальной размерности, как минимальной

достаточной статистики и максимального инварианта для подтверждения гипотезы об обнаружении антропогенной частицы или объекта.

- По определению максимальные собственные значения являются максимальными инвариантами и минимально достаточными статистиками для подтверждения гипотезы об обнаружении антропогенной частицы или объекта.
- Окончательное решение об обнаружении принимается по критерию Неймана-Пирсона с использованием пороговых значений, полученных при вычислении, бета-распределения вероятностей по фрактальным размерностям и максимальным собственным значениям автокорреляционных матриц.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается корректным применением известных научных методов исследования и обработки данных, современного математического аппарата, программно рассчитанных результатов обработки изображений антропогенных частиц в окололоземном космическом пространстве, положительными результатами применения разработанного метода на реальных данных. Для решения поставленных в диссертации задач автор корректно использует элементы, понятия и выводы теории обработки изображений (компьютерного зрения), теории вейвлет-преобразований, теории вероятностей и статистики.

Теоретическая и практическая значимость работы

К проблеме обнаружения антропогенных частиц впервые применены вейвлет-преобразования, фрактальная размерность и максимальные собственные значения автокорреляционных матриц, позволившие автору разработать метод обнаружения при априори неизвестной обстановке в зоне контроля оптико-электроного прибора. На основании этого метода построены практические информационные технологии.

Разработанный автором вейвлет-фрактально-корреляционный алгоритм обнаружения представляет не только теоретический, но и большой практический интерес. Выполнено синтезирование алгоритма с использованием локального наиболее мощного критерия, с выводом закона распределения вероятностей статистик фрактальной размерности и максимального собственного значения автокорреляционной матрицы яркостей пикселей изображения. Также произведен расчет пороговых уровней принятия решения об обнаружении антропогенных частиц по статистикам фрактальной

размерности и максимального собственного значения. Алгоритм обнаружения антропогенных частиц составляет новизну предложенного метода в целом и вносит вклад в теорию алгоритмизации процесса обнаружения антропогенных частиц по малым объектам в сложной фоновой обстановке. Предложенный метод обеспечивает хорошие результаты как при положительном, так и отрицательном контрасте антропогенных частиц в сложных фоновых условиях.

Программный комплекс, разработанный автором и реализующий предложенные методы и алгоритмы, имеет практическую значимость. Результаты диссертационного исследования и программные модули использованы:

- в научно-производственном процессе 4 НИО ЗАО "РТИС ВКО";
- в разработках оптико-электронных систем ООО «Наукоемкие технологии».
- при выполнении Госзадания МОиН РФ «Теория и адаптивные алгоритмы обнаружения антропогенных частиц и объектов, и оценка их динамического взаимодействия с космическими аппаратами на основе интеллектуального анализа данных» (№ 2.1777.2017/ПЧ).

Рекомендации по использованию результатов и выводов

Предложенные методы и алгоритмы обнаружения антропогенных частиц в целом и отдельные их теоретические положения могут быть использованы при решении широкого круга задач обнаружения. Применяемый разработанный в ходе исследования программный комплекс обнаружения антропогенных частиц может быть адаптирован для целей воздушно-космической обороны в части обнаружения малых летательных аппаратов. Метод и алгоритмы или их отдельные части позволяют:

- повысить быстродействие обнаружения антропогенных частиц и объектов в сложных фоновых условиях функционирования оптико-электронных систем;
- повысить показатели точности и надежности обнаружения малоразмерных антропогенных частиц и объектов оптико-электронными системами;
- определять параметры орбит обнаруженных антропогенных частиц и объектов.

Представленные методы и алгоритмы способны оказать помощь в дальнейшем освоении околоземного космического пространства и повысить долговечность космических аппаратов, выполняющих важные военные, научные и технические задачи на орбите.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. Число страниц в диссертации – 114, рисунков – 24. Список литературы состоит из 77 наименований.

Во введении описывается актуальность темы, описываются цели, поставленные перед автором работы.

В первой главе дано текущие состояние и предлагаемые методы обнаружения и определения орбит антропогенных частиц и объектов, описано понятие оптико-электронной системы, даны характеристики и задачи, стоящие перед ней. Приведено краткое описание современных наземных и орбитальных средств наблюдения антропогенных частиц и объектов, основные достижения и их недостатки в области определения орбиты антропогенных частиц и объектов в околоземном космическом пространстве.

Во второй главе "Обоснование методов обнаружения антропогенных частиц и объектов оптико-электронной системой" приводится описание всех методов и принципов, на которых строится теоретическая часть диссертационной работы. Описан принцип локализации структурных особенностей изображения на основе вейвлет-преобразований. Приведена причина доведения локализованных структурных особенностей изображения до минимальных прямоугольных областей. Так же указан механизм, по которому происходит это доведение. Приведена методика обнаружения и вычисления координат в околоземном космическом пространстве антропогенных частиц.

В третьей главе описаны основные разработанные алгоритмы, требующиеся для обнаружения антропогенных частиц и измерения их координат в околоземном космическом пространстве.

В четвертой главе "Практическая реализация и результаты исследования" описана программная реализация алгоритмов, представлены результаты работы программы, описана причина и принцип калибровки программной реализации и проведена оценка вероятности обнаружения антропогенных частиц и объектов. В частности, приводятся причина калибровки программной реализации. Вследствие чего требуется изменить пороговое значения вейвлет-коэффициентов для идентификации структурных особенностей. В тоже время из изменения порогового значения вейвлет-коэффициентов вытекает калибровка пороговых значений фрактальной размерности и максимального собственного значения автокорреляционной матрицы.

В заключении указаны основные результаты работы и отмечены направления дальнейшей работы по теме диссертации.

В приложении приведены акты внедрения результатов диссертационной работы.

Соответствие паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует требованиям паспорта научной специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности) (технические науки). Область исследований соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

- п. 2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;
- п. 4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;
- п. 5. Разработка специального математического и программного обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;
- п. 12. Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации.

Замечания по диссертационной работе

1. Для вычисления фрактальной размерности (стр. 52) выбран метод покрытий, но нет четкого обоснования такого выбора и нет сравнения по точности с другими методами вычисления.
2. На странице 52 не указано, по какой формуле производится вычисление.
3. Нет четкого пояснения, как вычисляется спектральная плотность силы излучения на входе оптико-электронной системы от обнаруженного объекта (стр. 60-62).
4. В диссертации не показаны преимущества предложенного метода по сравнению с другими методами

Заключение

Диссертация Зыкова Ильи Игоревича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности) (технические науки), является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне.

В работе содержится решение создания эффективных оптико-электронных систем на базе нового программного обеспечения, позволяющего обнаруживать антропогенные частицы и объекты в сложных фоновых условиях.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Стиль изложения диссертации четкий и ясный, работа грамотно и аккуратно оформлена. Каждая глава завершается обстоятельными выводами.

Автореферат диссертации соответствует ее основному содержанию.

Диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Зыков Илья Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности) (технические науки).

Отзыв обсужден и утвержден на научно-исследовательском семинаре «Высокопроизводительные системы и их применение» (протокол №16 от 21.11. 2018г.)

Ведущий научный сотрудник
кандидат физико-математических наук А. А. Рыбаков

Ведущий научный сотрудник
кандидат технических наук, доцент А. В. Баранов